

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BENCANA BANJIR DAN  
STRATEGI ADAPTASI PETANI DI SUB DAS BAMBANG**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Geografi Fakultas Geografi**

**Oleh:**

**YAUMIL FINESA**

**E 100 160 130**

**PROGRAM STUDI GEOGRAFI  
FAKULTAS GEOGRAFI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2020**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BENCANA BANJIR DAN  
STRATEGI ADAPTASI PETANI DI SUB DAS BAMBANG**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**YAUMIL FINESA**

**E100160130**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Yuli Priyana', is positioned above the printed name of the supervisor.

**Drs. Yuli Priyana, M.Si.**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BENCANA BANJIR DAN  
STRATEGI ADAPTASI PETANI DI SUB DAS BAMBANG**

**OLEH**

**YAUMIL FINESA**

**E 100 160 130**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji**

**Fakultas Geografi**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Pada hari: Rabu 13 Mei 2020**

**dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

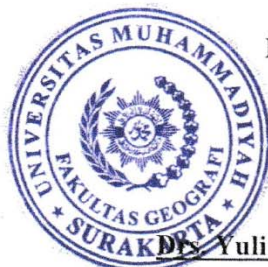
**Dewan Penguji:**

1. Drs. Yuli Priyana, M.Si.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Drs. Munawar Cholil, M.Si.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Dra. Alif Noor Anna, M.Si.  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



**Dekan,**

**Drs. Yuli Priyana, M.Si.**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 11 Mei 2020

Penulis



**Yaumil Finesa**

**E100160130**

## **ANALISIS TINGKAT KERAWANAN BENCANA BANJIR DAN STRATEGI ADAPTASI PETANI DI SUB DAS BAMBANG**

### **Abstrak**

Penelitian ini dilakukan di Sub DAS Bambang yang merupakan salah satu bagian dari DAS Bengawan Solo. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis agihan tingkat kerawanan bencana banjir dan mengetahui strategi adaptasi bencana banjir yang tepat di Sub DAS Bambang. Metode penelitian yang digunakan adalah survei yaitu metode analisis data sekunder dan observasi. Data sekunder diperoleh dari Instansi Pemerintah berupa data curah hujan 5 stasiun hujan dalam kurun waktu 10 tahun, peta jenis tanah, peta penggunaan lahan, dan peta kemiringan lereng. Analisis data yang digunakan adalah analisis overlay dengan SIG dan analisis spasial. Overlay dilakukan dengan input empat peta tematik, yaitu: Peta Kemiringan Lereng, Peta Curah Hujan, Peta Infiltrasi Tanah, dan Peta Penggunaan Lahan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa sub DAS Bambang memiliki 3 kelas kerawanan banjir yaitu tidak rawan, rawan dan sangat rawan. Kelas tidak rawan memiliki luas area 14,63 km<sup>2</sup> dengan presentase 11% meliputi sebagian Kecamatan Cepogo bagian atas dan Kecamatan Selo berada di bagian hulu Sub DAS Bambang yang merupakan daerah tangkapan air utama dan pengatur aliran. Kelas rawan memiliki luas area 83,68 km<sup>2</sup> dengan presentase 60% meliputi sebagian Kecamatan Cepogo bawah, Kecamatan Musuk, Kecamatan Boyolali, Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Tulung, dan sebagian Kecamatan Polokarto berada di bagian tengah Sub DAS Bambang sebagai daerah distributor dan pengatur air. Kelas sangat rawan memiliki luas area 41 km<sup>2</sup> dengan presentase 29% meliputi Kecamatan Sawit, sebagian Kecamatan Polokarto, Kecamatan Delanggu, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Gatak, Kecamatan Baki, dan Kecamatan Grogol berada di bagian hilir Sub DAS Bambang yang merupakan pemakai air dan sering terjadi sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan sungai hingga banjir luapan sungai. Wilayah Sub DAS Bambang didominasi oleh kelas rawan yaitu dengan area terluas 83,68 km<sup>2</sup> dengan presentase 60% dari total luas seluruh wilayah DAS Bambang yaitu 139,322 km<sup>2</sup> yang berada di dataran landai dengan kemiringan lereng 8-15% seluas 5675,94 ha dengan presentase 40,73% dari total seluruh area Sub DAS Bambang yang tersebar di daerah hulu dan tengah sub daerah aliran sungai. Bagian hilir sungai dengan tingkat kerawanan bencana banjir sangat rawan, menggunakan strategi adaptasi meninggikan tanggul sungai sebagai strategi yang tepat, karena lebih efektif dalam mencegah luapan air sungai maupun limpasan aliran air yang berlebihan yang masuk ke daerah lahan pertanian hingga kepermukiman warga. Bagian tengah sungai dengan tingkat kerawanan bencana banjir rawan, menggunakan strategi adaptasi pelebaran dan pengerukan sungai sebagai tindakan yang mampu menyurutkan air jika terjadi banjir. Adapun bagian hulu sungai dengan tingkat kerawanan bencana banjir tidak rawan, menggunakan strategi adaptasi mengadakan penghijauan dan rotasi tanaman sebagai tindakan preventif lingkungan.

**Kata Kunci:** Agihan tingkat kerawanan banjir dan strategi adaptasi petani.

## Abstract

This research was conducted in Bambang Sub Watershed, which is one part of the Bengawan Solo Watershed. This study aims to Analyze the distribution of flood hazard vulnerability levels and find out the appropriate flood disaster adaptation strategies in the Bambang Sub-watershed. The research method used was a survey that is a method of secondary data analysis and observation. Secondary data was obtained from Government Agencies in the form of rainfall data for 5 rain stations in a period of 10 years, land type maps, land use maps, and slope maps. Analysis of the data used is overlay analysis with GIS and spatial analysis. Overlay is done by inputting four thematic maps, namely: Slope Slope Map, Rainfall Map, Soil Infiltration Map, and Land Use Map. From the results of the study showed that the sub-watershed Bambang has 3 classes of flood vulnerability that is not prone, prone and very prone. The vulnerable class has an area of 14.63 km<sup>2</sup> with a percentage of 11% covering the upper part of Cepogo District and Selo District located in the upper part of the Bambang Sub Watershed which is the main catchment area and flow regulator. The vulnerable class has an area of 83.68 km<sup>2</sup> with a percentage of 60% covering part of the lower Cepogo District, Musuk District, Boyolali District, Mojosongo District, Tulung District, and part of Polokarto District is in the middle of Bambang Sub-watershed as a distributor and water regulator area. The very vulnerable class has an area of 41 km<sup>2</sup> with a percentage of 29% covering Sawit Subdistrict, part of Polokarto Subdistrict, Delanggu Subdistrict, Wonosari Subdistrict, Gatak Subdistrict, Baki Subdistrict, and Grogol Subdistrict located in the downstream part of the Bambang Watershed which is a water user and often occurs sedimentation which causes siltation of the river to flood the river overflow. The Bambang Sub-watershed area is dominated by vulnerable classes, with the widest area of 83.68 km<sup>2</sup> with a percentage of 60% of the total area of the entire Bambang Watershed area, which is 139,322 km<sup>2</sup>, which is located on sloping terrain with an 8-15% slope width of 5675.94 ha with a percentage of 40 , 73% of the total Bambang Sub Watershed area which is spread in the upstream and middle sub-watersheds. The downstream part of the river with a high level of flood hazard is very vulnerable, using an adaptation strategy to raise the river embankment as an appropriate strategy, because it is more effective in preventing overflow of river water and excessive runoff from entering the agricultural land to residential areas. The middle part of the river with the level of flood hazard is prone to use river widening and dredging adaptation strategies as actions that can dampen water in case of flooding. The upstream part of the river with the level of vulnerability of flood disaster is not prone, using adaptation strategies to conduct greening and crop rotation as an environmental preventive measure.

**Keywords:** Distribution of flood hazard levels and farmers' adaptation strategies.

## **1. PENDAHULUAN**

Banjir merupakan fenomena alam yang sering terjadi akhir-akhir ini. Banjir terjadi karena badan sungai atau saluran drainase tidak mampu menampung volume air yang jatuh di permukaan tanah. Faktor penyebab terjadinya bencana banjir secara umum disebabkan karena faktor alam dan non alam. Faktor alam yang menyebabkan banjir meliputi curah hujan, kemiringan lereng, infiltrasi tanah, dan ketinggian lokasi. Faktor non alam lebih banyak disebabkan oleh ulah manusia seperti alih fungsi lahan, pembuangan sampah di sungai, penggundulan hutan pada daerah hulu secara berlebihan, dan pemanfaatan lahan pada daerah gunung yang tidak sesuai kaidah konservasi lahan. Intensitas kejadian banjir yang terjadi di Indonesia masih cukup tinggi. Dibuktikan oleh Data Badan Penanggulangan Bencana Nasional (BNPB), pada tahun 2019 kejadian banjir sudah mencapai 564 kali dari total 2016 seluruh kejadian bencana. Provinsi Jawa Tengah menempati urutan pertama menjadi provinsi yang terbanyak mengalami kejadian bencana banjir, yakni sebanyak 106 kejadian dari total 564 seluruh kejadian bencana banjir di Indonesia. Secara visual dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Kejadian Bencana Banjir Di Indonesia Tahun 2019

| No. | Provinsi             | Jumlah Kejadian Bencana Banjir |
|-----|----------------------|--------------------------------|
| 1   | Aceh                 | 16                             |
| 2   | Sumatera Utara       | 8                              |
| 3   | Sumatera Barat       | 11                             |
| 4   | Riau                 | 1                              |
| 5   | Jambi                | 10                             |
| 6   | Sumatera Selatan     | 21                             |
| 7   | Bengkulu             | 11                             |
| 8   | Lampung              | 7                              |
| 9   | Kep. Bangka Belitung | 9                              |
| 10  | Jawa Barat           | 85                             |
| 11  | Jawa Tengah          | 106                            |
| 12  | DI. Yogyakarta       | 6                              |
| 13  | Jawa Timur           | 97                             |
| 14  | Banten               | 6                              |
| 15  | Bali                 | 4                              |
| 16  | Nusa Tenggara Barat  | 15                             |
| 17  | Nusa Tenggara Timur  | 1                              |
| 18  | Kalimantan Barat     | 7                              |
| 19  | Kalimantan Tengah    | 25                             |
| 20  | Kalimantan Selatan   | 17                             |
| 21  | Kalimantan Timur     | 3                              |
| 22  | Kalimantan Utara     | 1                              |
| 23  | Sulawesi Utara       | 5                              |
| 24  | Sulawesi Tengah      | 5                              |
| 25  | Sulawesi Selatan     | 28                             |
| 26  | Sulawesi Tenggara    | 5                              |
| 27  | Gorontalo            | 2                              |
| 28  | Sulawesi Barat       | 5                              |
| 29  | Maluku               | 8                              |
| 30  | Maluku Utara         | 4                              |
| 31  | Papua Barat          | 7                              |
| 32  | Papua                | 10                             |

Sumber: BNPB, (2019)

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo merupakan DAS yang rawan terjadi bencana banjir. Pada kurun waktu 10 tahun terakhir, yakni tahun 2008-2017 terdapat 394 kejadian banjir di DAS Bengawan Solo (BNPB, 2018). Daerah penelitian adalah salah satu wilayah pengairan DAS Bengawan Solo Hulu Tengah yaitu Sub DAS Bambang yang terletak antara garis lintang 7°29'58"- 7°42'33" LS



dan garis bujur 110°26'16"- 110°52'59" BT dengan luas sebesar 139,32 km<sup>2</sup> meliputi 3 Kabupaten dan 14 Kecamatan dengan potensi tingkat rawan bencana banjir tinggi. Tiga Kabupaten tersebut diantaranya adalah Kabupaten Boyolali, Kabupaten Klaten dan Kabupaten Sukoharjo.

Sub DAS Bambang sebagian besar wilayahnya berupa lahan pertanian yang menjadi mata pencaharian utama bagi masyarakat. Banjir yang terjadi di daerah Sub DAS Bambang sebagian besar terjadi di area lahan pertanian dekat sungai. Dampak yang ditimbulkan akibat banjir tersebut diantaranya adalah gagalnya panen karena puso dan produktivitas menurun. Akibat banjir tersebut membuat petani di wilayah Sub DAS Bambang mengalami kerugian secara ekonomis. Melihat dampak yang ditimbulkan akibat bencana banjir perlu dilakukan pemetaan tingkat kerawanan bencana banjir dan strategi adaptasi petani dalam menghadapi banjir di Sub DAS Bambang.

## **2. METODE**

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah survei. Analisa deskriptif kuantitatif dengan menganalisis data sekunder dan survei dengan wawancara menggunakan kuisioner. Metode analisis data sekunder menggunakan metode pengumpulan data dan pengolahan data, analisis data menggunakan pengskoran dan pembobotan, dua proses tersebut dilakukan setelah proses klasifikasi nilai dalam tiap parameter dan dilanjutkan dengan tahap analisis tingkat kerawanan banjir, sedangkan survei dilakukan untuk mengecek kembali data yang telah didapatkan dari hasil olah data sekunder.

Metode analisis yang digunakan untuk mencapai meneliti tingkat kerawanan bencana banjir adalah menggunakan metode pendekatan analisis *overlay* dengan SIG. *Overlay* dilakukan dengan input empat peta tematik, yaitu: Peta Kemiringan Lereng, Peta Curah Hujan, Peta Infiltrasi Tanah, dan Peta Penggunaan Lahan. Prosedur pemberian harkat dan bobot masing-masing parameter atau variabel berbeda-beda, yaitu dengan memperhatikan seberapa besar pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap terjadinya banjir. Semakin

besar pengaruh parameter tersebut terhadap banjir maka nilai bobotnya juga besar, sebaliknya jika pengaruhnya kecil maka nilai bobotnya juga kecil.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Agihan Tingkat Kerawanan Bencana Banjir

Peta kerawanan banjir diperoleh dari hasil tumpang susun (*overlay*) parameter-parameter kerawanan banjir yaitu kemiringan lereng, infiltrasi, curah hujan dan penggunaan lahan. Selanjutnya pengisian skor yang dihasilkan dari perkalian antara harkat dan bobot setiap indikator tingkat kerawanan bencana banjir. Gabungan skor dilakukan dengan teknik *overlay* keempat peta yang kemudian diklasifikasikan tingkat potensi bencana banjir suatu kawasan atau wilayah penelitian. Uji ketelitian menggunakan SIG dari hasil overlay penskoran empat parameter yaitu dengan pengurangan jumlah skor tertinggi dengan jumlah skor terendah setelah itu dibagi dengan jumlah kelas penelitian. Hasil perhitungan nilai interval secara detail dapat dilihat pada Tabel 2.

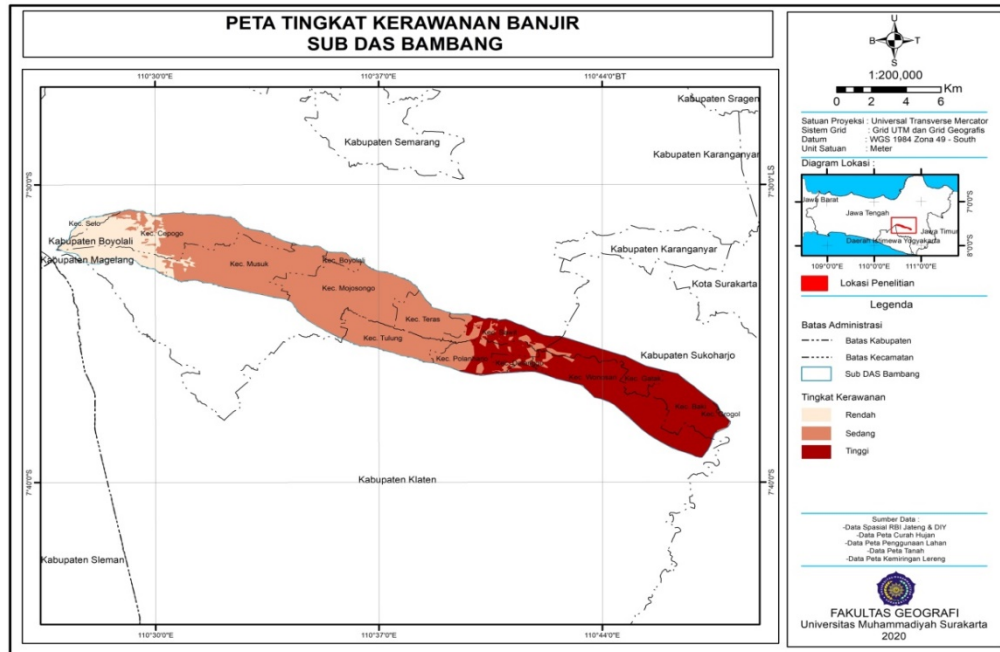
Tabel 2. Hasil Perhitungan Nilai Interval Kelas Kerawanan Bencana Banjir

| Zona | Interval  | Karakteristik Lahan | Tingkat Kerawanan | Luas ( km <sup>2</sup> ) |
|------|-----------|---------------------|-------------------|--------------------------|
| A    | <22,3     | Lahan Sangat Stabil | Tidak Rawan       | 14,63                    |
| B    | 22,3-31,6 | Lahan Agak Stabil   | Rawan             | 83,68                    |
| C    | >31,6     | Lahan Tidak Stabil  | Sangat Rawan      | 41,00                    |

Sumber: Penulis 2020.

Hasil perhitungan nilai interval kelas kerawanan bencana banjir terdapat tiga zona tingkat kerawanan banjir diantaranya adalah Zona A yaitu tingkat kerawanan bencana banjir tidak rawan memiliki karakteristik lahan yang sangat stabil dengan nilai interval dibawah 22,3 dan luas area 14,63 km<sup>2</sup> dengan presentase 11% meliputi sebagian Kecamatan Cepogo bagian atas dan Kecamatan Selo. Disebut daerah tidak rawan bencana banjir, karena berada didataran tinggi dekat pegunungan dan penggunaan lahan didominasi oleh hutan. Zona B yaitu tingkat kerawanan bencana banjir rawan memiliki karakteristik lahan agak stabil dengan nilai interval antara 22,3-31,6 dan luas area 83,68 km<sup>2</sup> dengan presentase

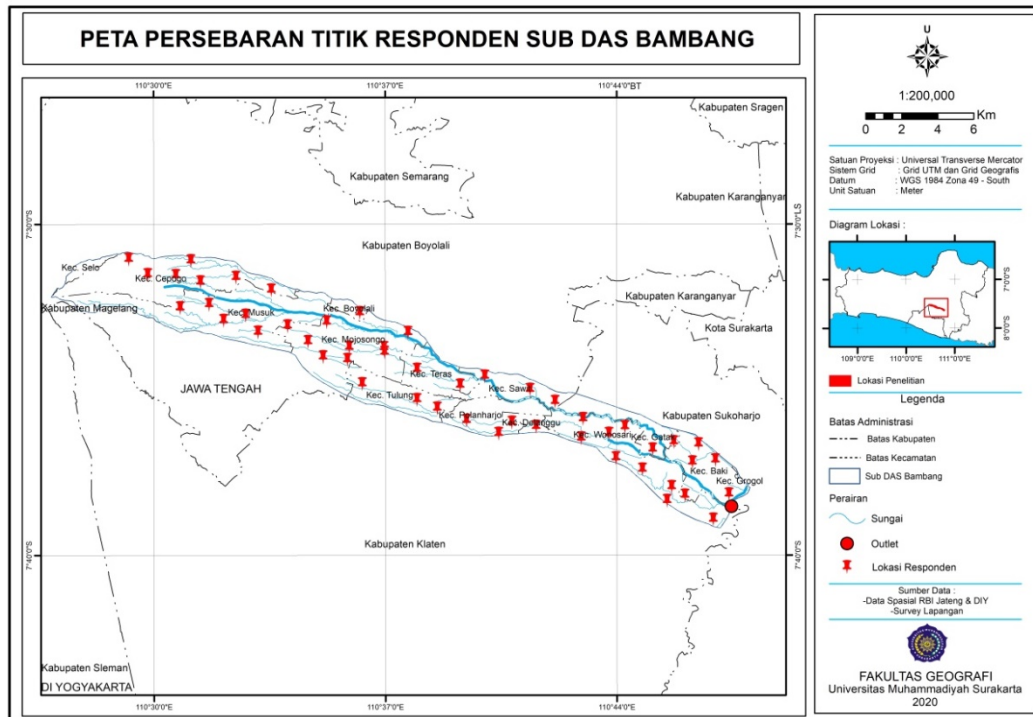
60% meliputi sebagian Kecamatan Cepogo bawah, Kecamatan Musuk, Kecamatan Boyolali, Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Tulung, dan sebagian Kecamatan Polokarto. Merupakan daerah rawan bencana banjir dilihat dari dominasi penggunaan lahan yaitu permukiman padat penduduk dan area pertanian dengan sedikit area hijau atau minim vegetasi, sehingga minim daerah resapan air. Banjir yang sering terjadi di daerah rawan ini sebagian disebabkan karena limpahan air hujan dari daerah atas yaitu sekitar Kecamatan Cepogo dan Kecamatan Selo yang mengalir mengikuti arus sungai dan disaat yang sama adanya hujan deras yang menyebabkan sungai meluap hingga ke daerah pertanian maupun permukiman warga. Zona C yaitu tingkat kerawanan bencana banjir sangat rawan memiliki karakteristik lahan tidak stabil dengan nilai interval diatas 31,6 dan luas area 41 km<sup>2</sup> dengan presentase 29% meliputi Kecamatan Sawit, sebagian Kecamatan Polokarto, Kecamatan Delanggu, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Gatak, Kecamatan Baki, dan Kecamatan Grogol. Dominasi penggunaan lahan sawah dan kepadatan penduduk yang tinggi menjadi penyebab utama daerah sangat rawan bencana banjir. Disamping minimnya daerah resapan air, system pengelolaan daerah aliran sungai yang buruk juga menyebabkan luapan air sungai selama hujan deras mengalir ke daerah pertanian hingga permukiman warga. Secara visual peta tingkat kerawanan bencana banjir di Sub DAS Bambang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Tingkat Kerawanan Bencana Banjir di Sub DAS Bambang  
Sumber: Penulis, 2020.

### 3,2 Strategi Adaptasi Petani

Penyebaran lembar wawancara petani ke seluruh wilayah Sub DAS Bambang. Dalam penelitian ini, kuisioner disebar ke 50 responden petani. Berikut peta persebaran titik/plot wawancara terhadap petani di daerah Sub DAS Bambang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta persebaran titik/plot wawancara terhadap petani di daerah Sub DAS Bambang.

Sumber : Penulis 2020.

Bentuk-bentuk adaptasi yang dilakukan masyarakat dalam menghadapi bencana banjir mencakup beragam tindakan rekayasa, perbaikan, atau perubahan yaitu seperti: (1) meninggikan tanggul sungai, (2) mengadakan penghijauan, (3) pelebaran dan pengerukan sungai, dan (4) rotasi tanaman. Seluruh hasil wawancara responden diolah menggunakan data statistic sebagai cara penentuan presentase terbanyak dalam pemilihan strategi adaptasi yang tepat. Secara detail strategi adaptasi petani dalam menghadapi bencana banjir di daerah penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Strategi Adaptasi Petani dalam menghadapi Bencana Banjir

| No     | Strategi Adaptasi               | Sebaran Wilayah   | Ekosistem DAS | Jumlah Responden | Presentase (%) |
|--------|---------------------------------|---|---------------|------------------|----------------|
| 1      | Meninggikan tanggul sungai      | Kecamatan Sawit, Kecamatan Polanharjo, Kecamatan Delanggu, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Gatak, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Baki. | Hilir         | 28               | 56%            |
| 2      | Pelebaran dan pengerukan sungai | Kecamatan Teras, Kecamatan Tulung, Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Boyolali, dan Kecamatan Musuk.                                      | Tengah        | 15               | 30%            |
| 3      | Mengadakan penghijauan          | Kecamatan Cepogo dan Kecamatan Selo.  | Hulu          | 4                | 8%             |
| 4      | Rotasi Tanaman                  |   |               | 3                | 6%             |
| Jumlah |                                 |   |               | 50               | 100%           |

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2020

Berdasarkan Tabel 3 strategi adaptasi petani dalam menghadapi bencana banjir menunjukkan bahwa petani yang memilih strategi adaptasi meninggikan tanggul sungai berjumlah 28 responden dengan presentase 56% meliputi wilayah Kecamatan Sawit, Kecamatan Polanharjo, Kecamatan Delanggu, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Gatak, Kecamatan Grogol, dan Kecamatan Baki. Strategi adaptasi pelebaran dan pengerukan sungai berjumlah 15 responden dengan presentase 30% meliputi Kecamatan Teras, Kecamatan Tulung, Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Boyolali, dan Kecamatan Musuk. Kedua strategi diatas lebih banyak dilakukan di bagian DAS Hilir karena banyaknya pengendapan atau sedimentasi. Adapun mengadakan penghijauan berjumlah 4 responden dengan presentase 8% dan rotasi tanaman berjumlah 3 responden dengan presentase 6% meliputi Kecamatan Cepogo dan Kecamatan Selo dilakukan di bagian DAS Hulu yang mana merupakan daerah tangkapan air utama dan pengatur aliran yang rentan terhadap ancaman erosi dan longsor.

### 3.3 Analisis Tingkat Kerawanan Bencana Banjir Dan Strategi Adaptasi Petani di Sub DAS Bambang

Daerah yang memiliki potensi banjir sangat tinggi memiliki kemiringan lereng datar. Berdasarkan analisis sistem informasi geografi, diperoleh hasil bahwa sub daerah aliran sungai Bambang memiliki 3 (tiga) kelas kerawanan banjir yaitu tidak rawan, rawan dan sangat rawan. Adapun berdasarkan hasil wawancara 50 petani, strategi adaptasi yang tepat sesuai dengan tingkat kerawanan bencana banjir di Sub DAS Bambang dapat dilihat pada Tabel 4. dan Gambar 3. Secara keseluruhan hasil penelitian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil Wawancara Strategi Adaptasi Petani terhadap Tingkat Kerawanan Bencana Banjir di Sub DAS Bambang.

| No              | Tingkat Kerawanan Banjir | Strategi Adaptasi yang digunakan Petani |                                 |                        |                |
|-----------------|--------------------------|---|---------------------------------|------------------------|----------------|
|                 |                          | Meninggikan Tanggul Sungai              | Pelebaran dan Pengerukan Sungai | Mengadakan Penghijauan | Rotasi Tanaman |
| 1               | Sangat Rawan             | 19                                      | 3                               | 0                      | 0              |
| 2               | Rawan                    | 9                                       | 12                              | 1                      | 0              |
| 3               | Tidak Rawan              | 0                                       | 0                               | 3                      | 3              |
| Jumlah Reponden |                          | 28                                      | 15                              | 4                      | 3              |

Sumber : Penulis, 2020.

Gambar 3. Hasil Wawancara Strategi Adaptasi Petani terhadap Tingkat Kerawanan Bencana Banjir di Sub DAS Bambang.

Sumber : Penulis, 2020.

Tabel 5. Hasil Penelitian Tingkat Kerawanan Banjir Sub DAS Bambang Menurut Sistem Informasi Geografis (SIG).

| Zona   | Tingkat Kerawanan | Sebaran Wilayah  | Eko-sistem DAS | Strategi Adaptasi Petani                  | Luas (km <sup>2</sup> ) | Presentase (%) |
|--------|-------------------|--|----------------|---|-------------------------|----------------|
| A      | Tidak Rawan       | Kecamatan Cepogo bagian atas dan Kecamatan Selo  | Hulu           | Mengadakan Penghijauan dan Rotasi Tanaman | 14,63                   | 11             |
| B      | Rawan             | Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Boyolali, Kecamatan Tulung, Kecamatan Teras, Kecamatan Musuk, sebagian Kecamatan Polanharjo, dan sebagian Kecamatan Cepogo. | Tengah         | Pelebaran dan Pengerukan Sungai           | 83,68                   | 60             |
| C      | Sangat Rawan      | Kecamatan Gatak, Kecamatan Baki, Kecamatan Grogol, Kecamatan Sawit, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Delanggu, dan sebagian Kecamatan Polanharjo.             | Hilir          | Meninggikan Tanggul Sungai                | 41                      | 29             |
| Jumlah |                   |  |                |   | 139,3                   | 100            |

Sumber : Penulis, 2020.

Tingkat kerawanan bencana banjir tidak rawan artinya tidak ada sama sekali bahaya banjir yang mengancam permukiman masyarakat. Tingkat kerawanan banjir tidak rawan memiliki karakteristik lahan yang sangat stabil dan luas area 14,63 km<sup>2</sup> dengan presentase 11% berada di DAS bagian hulu meliputi Kecamatan Cepogo bagian atas dan Kecamatan Selo. DAS bagian hulu memiliki fungsi konservasi yang dikelola untuk mempertahankan kondisi lingkungan DAS agar tidak terdegradasi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kondisi tutupan vegetasi lahan DAS, kualitas air, kemampuan menyimpan air (debit), dan curah hujan. DAS bagian hulu mempunyai arti penting terutama dari segi perlindungan fungsi tata air, karena itu setiap terjadinya kegiatan di daerah hulu akan



menimbulkan dampak di daerah hilir dalam bentuk perubahan fluktuasi debit dan transport sedimen sistem aliran airnya.

Tingkat kerawanan bencana banjir rawan artinya peluang terjadinya bencana banjir 1 kali dalam 5 tahun. Tingkat kerawanan banjir rawan memiliki karakteristik lahan agak stabil dan luas area 83,68 km<sup>2</sup> dengan presentase 60% berada di DAS bagian tengah meliputi Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Boyolali, Kecamatan Tulung, Kecamatan Teras, Kecamatan Musuk, sebagian Kecamatan Polanharjo, dan sebagian Kecamatan Cepogo. DAS bagian tengah memiliki fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang antara lain dapat diindikasikan dari kuantitas air, kualitas air, kemampuan menyalurkan air, dan ketinggian muka air tanah, serta terkait pada prasarana pengairan seperti pengelolaan sungai, waduk, dan danau.

Tingkat kerawanan bencana banjir sangat rawan artinya peluang terjadinya bencana banjir 1 kali dalam 1 tahun. Tingkat kerawanan banjir sangat rawan memiliki karakteristik lahan tidak stabil dan luas area 41 km<sup>2</sup> dengan presentase 29% berada di DAS bagian hilir meliputi Kecamatan Gatak, Kecamatan Baki, Kecamatan Grogol, Kecamatan Sawit, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Delanggu, dan sebagian Kecamatan Polanharjo. DAS bagian hilir memiliki fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi, yang diindikasikan melalui kuantitas dan kualitas air, kemampuan menyalurkan air, ketinggian curah hujan, dan terkait untuk kebutuhan pertanian, air bersih, serta pengelolaan air limbah. Bagian hilir merupakan daerah pemanfaatan yang relatif landai dengan curah hujan yang lebih rendah.

Berdasarkan Tabel 5. menunjukkan bahwa strategi adaptasi petani yang tepat untuk daerah tingkat bencana banjir sangat rawan yaitu meninggikan tanggul sungai. Hal ini sesuai dengan hasil wawancara responden petani terbanyak yang memilih strategi tersebut. Strategi adaptasi meninggikan tanggul sungai lebih efektif dalam mencegah luapan air sungai maupun limpasan aliran air yang berlebihan yang masuk ke daerah lahan pertanian hingga kepermukiman warga

karena berada dibagian hilir. Tingginya aliran permukaan dan tingkat erodibilitas lahan pada daerah hulu akan menyebabkan banjir dan sedimentasi yang besar pada bagian hilir. Sedimentasi yang besar akan menyebabkan pendangkalan sungai. Pengembangan tanggul dilakukan bertahap, dimana diprioritaskan pada wilayah sungai yang sering meluap akibat terjadi hujan deras ataupun menjadi lintasan air kiriman dari wilayah lain. Strategi ini paling diminati petani karena biaya pembangunan yang terjangkau dan dapat dilakukan secara gotong-royong. Tingkat bencana banjir sangat rawan datang ke area dataran landai/rendah, karena lahan di dominasi oleh sawah yang memiliki luas area 5500,4218 ha dengan presentase 39,47% dari seluruh total luas DAS Bambang. Banjir terjadi karena adanya peningkatan debit air, sehingga sungai tidak mampu menahan debit air, oleh sebab itu sungai meluap dan airnya menggenangi daerah sekitar, termasuk permukiman dan lahan pertanian dekat aliran sungai. Daerah banjir terkait dengan peningkatan penyediaan air karena pertumbuhan urbanisasi dan korelasi yang baik antara daerah banjir dengan perubahan penggunaan lahan. Sebagian besar perubahan penggunaan/tutupan lahan telah terjadi pada lahan pertanian, karena meningkatnya populasi DAS dan sebagian besar perubahan ini terjadi di area di mana tingkat limpasan lebih tinggi. Padatnya penduduk di area sangat rawan banjir meningkatkan populasi permukiman yang tidak stabil dan mengurangi daerah resapan air, sehingga menyebabkan banjir genangan. Menurunnya intensitas vegetasi juga meningkatkan kapasitas limpasan air sungai. Penghijauan di lingkungan permukiman perlu dilakukan dengan cara menggalakan penanaman vegetasi keras ke masyarakat yang bernilai ekonomis seperti mangga, rambutan, dan lain sebagainya, sehingga berfungsi ganda, tidak hanya menyerap air hujan, dan juga dapat meningkatkan produktivitas ekonomi wilayah. Sama halnya pada penghijauan di daerah bantaran sungai, dalam penanaman vegetasi pada lingkungan permukiman harus pula disertai dengan pemeliharaan. Dalam fase pemeliharaan vegetasi wajib diberikan pagar pembatas (sungkup) untuk mengantar tumbuh kembang dari vegetasi tersebut.

Morfogenesis daerah Surakarta dan Sukoharjo merupakan daerah depresi berada di antara Pegunungan Plateau (Wonogiri), Pegunungan Kendeng (Kedung

Ombo), Gunungapi Lawu dan Merapi yang menjadikan Sub DAS Bambang berkelok-kelok, karena terjadinya proses pengendapan secara alamiah berpotensi menjadi daerah yang rawan banjir (Priyana dkk, 2020). Kawasan tingkat bencana banjir sangat rawan meliputi Kecamatan Gatak, Kecamatan Baki, Kecamatan Grogol, Kecamatan Sawit, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Delanggu, dan sebagian Kecamatan Polanharjo.

Strategi adaptasi petani yang tepat untuk daerah tingkat bencana banjir rawan yaitu pelebaran dan pengerukan sungai karena berada di bagian tengah dan hilir sungai dengan jumlah responden terbanyak kedua setelah strategi adaptasi meninggikan tanggul sungai. Ekosistem tengah daerah aliran sungai sebagai daerah distributor dan pengatur air. Selain itu DAS bagian tengah didasarkan pada fungsi pemanfaatan air sungai yang dikelola untuk dapat memberikan manfaat bagi kepentingan sosial dan ekonomi. Strategi adaptasi pelebaran dan pengerukan sungai merupakan tindakan yang mampu menyurutkan air jika terjadi banjir, namun normalisasi dasar sungai lewat pengerukan lumpur sulit dilakukan karena alat berat tidak dapat beroperasi akibat padatnya permukiman di bantaran sungai, selain itu biaya pengerukan tidak murah. Selain itu strategi adaptasi lainnya yang dapat dilakukan yaitu sebagian daerah membuat tanggul sungai dan optimalisasi penamanan dan pemeliharaan vegetasi tahan air di sempadan sungai/saluran utama penghijauan di daerah bantaran sungai, dilakukan dengan menggunakan vegetasi yang tahan air dan dapat menahan konstruksi tanah di pinggir sungai, seperti tanaman bakau (mangrove).

Strategi adaptasi tersebut perlu dilakukan di daerah dengan tingkat kerawanan bencana banjir rawan karena menjadi daerah dominasi tingkat kerawanan bencana banjir Sub DAS Bambang yang memiliki area terluas 83,68 km<sup>2</sup> dengan presentase 60% dari total luas seluruh wilayah DAS Bambang. Berada di dataran landai dengan kemiringan lereng 8-15% seluas 5675,94 ha dengan presentase 40,73% dari total seluruh area Sub DAS Bambang yang tersebar di daerah hulu dan tengah sub daerah aliran sungai. Diasumsikan peneliti bahwa semakin landai kemiringan lerengnya, maka aliran limpasan permukaan akan menjadi lambat dan kemungkinan terjadinya genangan atau banjir menjadi besar, sedangkan semakin

curam kemiringan lereng akan menyebabkan aliran limpasan permukaan menjadi cepat sehingga air hujan yang jatuh akan langsung dialirkan dan tidak menggenangi daerah tersebut, sehingga resiko banjir menjadi kecil. Kawasan tingkat kerawanan bencana banjir rawan meliputi Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Boyolali, Kecamatan Tulung, Kecamatan Teras, Kecamatan Musuk, sebagian Kecamatan Polanharjo, dan sebagian Kecamatan Cepogo.

Tingkat bencana banjir tidak rawan berarti jarang bahkan sama sekali tidak terjadi banjir, karena berada didaerah tinggi/pegunungan/hulu sungai yaitu di Kecamatan Cepogo bagian atas dan Kecamatan Selo yang disebabkan oleh keadaan kemiringan lereng yang tinggi sekitar 35-50% dan intensitas curah hujan yang tinggi namun limpasan air hujan memadai dalam peresapan air, karena banyaknya pohon. Ekosistem bagian hulu daerah aliran sungai merupakan daerah tangkapan air utama dan pengatur aliran. Bentuklahan lereng atas gunungapi merupakan bentuklahan yang berkembang dibagian hulu sungai. Proses yang sering terjadi pada wilayah ini adalah erosi dan longsor lahan. Hal ini dipengaruhi oleh tingginya intensitas hujan, kondisi geologi, topografi dan tanahnya serta pola pemanfaatan lahan. Bila dilihat dari material penyusun tanggulnya, umumnya daerah hulu lebih rentan terhadap degradasi tanggul sungai. Hal ini terkait dengan material tanggul yang lebih banyak tersusun atas pasir. Kebanyakan limpasan air hujan turun ke daerah yang lebih rendah seperti lahan padat penduduk dengan saluran drainase yang tidak baik dan laju aliran air sungai yang tidak stabil atau tersumbat disebabkan banyak sampah buangan masyarakat dan tanggul sungai yang tidak memenuhi standard yang menyebabkan air sungai oleh air hujan meluap ke lahan pertanian hingga pemukiman penduduk. Dengan demikian bencana banjir sering terjadi di dataran rendah daripada dataran tinggi. Strategi adaptasi petani yang tepat untuk daerah tingkat bencana banjir tinggi yaitu mengadakan penghijauan dan rotasi tanaman. Penghijauan menurut sebagian besar stakeholders telah diaplikasikan dalam bentuk aksi penanaman pohon baik dilakukan oleh swadaya masyarakat, mahasiswa pemerhati lingkungan, dan pengembang perumahan. Namun dalam aplikasinya banyak penghijauan yang tidak berhasil karena pasca penanaman atau masa pemeliharaan yang kurang

diperhatikan. Seharusnya diperlukan bibit pohon yang tergolong besar dan lebih baik yang produktif/menghasilkan buah (sehingga dahannya kuat), dan diberikan pengaman pohon (sungkup) sehingga upaya penghijauan dapat membuahkan hasil. Untuk penanaman pohon, ada baiknya memilih jenis pohon yang dapat menyerap air dengan optimal, seperti pohon bambu dan pohon jati. Pohon bambu mampu menyerap hingga 90 persen air hujan yang turun. Dengan 90 persen air yang terserap tersebut, secara otomatis akan menjadi sumber air yang bermanfaat di kemudian hari. Sama seperti pohon bambu, pohon jati pun mampu menyerap air hujan dengan baik. Selain itu, kelebihan lainnya dari pohon jati adalah mampu menyimpan sumber air dalam jangka waktu yang lama sehingga akan bermanfaat saat musim kemarau (Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Siti Nurbaya, 2016).

Keberadaan sektor kehutanan di daerah hulu yang terkelola dengan baik dan terjaga keberlanjutannya dengan didukung oleh prasarana dan sarana di bagian tengah akan dapat mempengaruhi fungsi dan manfaat DAS tersebut di bagian hilir, baik untuk pertanian, kehutanan maupun untuk kebutuhan air bersih bagi masyarakat secara keseluruhan. DAS bagian hulu mempunyai peran penting, terutama sebagai tempat penyedia air untuk dialirkan ke bagian hilirnya. Oleh karena itu bagian hulu DAS seringkali mengalami konflik kepentingan dalam penggunaan lahan, terutama untuk kegiatan pertanian, pariwisata, pertambangan, serta permukiman. Mengingat DAS bagian hulu mempunyai keterbatasan kemampuan, maka setiap kesalahan pemanfaatan akan berdampak negatif pada bagian hilirnya. Pada prinsipnya, DAS bagian hulu dapat dilakukan usaha konservasi dengan mencakup aspek-aspek yang berhubungan dengan suplai air. Secara ekologis, hal tersebut berkaitan dengan ekosistem tangkapan air (catchment ecosystem) yang merupakan rangkaian proses alami daur hidrologi.

Banjir juga merupakan gelombang yang berjalan ke arah hilir sistem sungai yang berinteraksi dengan kenaikan muka air dimuara akibat badai. Permasalahan Banjir biasanya terjadi pada pertengahan akhir Desember, Januari, Februari atau awal Maret, menyebabkan tanaman padi puso dan terendam selama 20 hari, terutama bila terjadi setelah fase pembungaan menunjukkan rendahnya

infiltrasi air ke dalam tanah atau drainase. Perkembangan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis telah memungkinkan mengkaji pola spasial potensi daerah infiltrasi (resapan air) dalam cakupan yang luas. Pengamatan terhadap kawasan resapan air merupakan pengamatan yang dilakukan terhadap parameter-parameter infiltrasi (resapan air) berdasarkan penggunaan lahan eksisting. Gabungan antara teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis sangat bermanfaat untuk deteksi dini memantau pola, distribusi dan memprediksi pengaruh terhadap ekologi perkotaan dan permukiman serta membantu dalam proses pengambilan keputusan pada perencanaan penggunaan lahan di daerah Sub DAS Bambang. Hasil analisa SIG menunjukkan bahwa kondisi topografi di area Sub DAS Bambang secara umum persentase luasannya yaitu agak curam, curam dan sangat curam ini menyebabkan kurangnya air yang dapat terinfiltrasi, karena sebagian besar air hujan akan menjadi aliran permukaan. Penyebab banjir dari dua faktor input atau sumber pemasukan air, yaitu (a) curah hujan yang cukup tinggi terjadi pada bulan Desember sampai Maret, dan (b) luapan air sungai sering menyebabkan tanggul jebol. Satu faktor output yaitu tidak memadainya drainase atau saluran pembuangan air karena lebih tinggi dibandingkan lahan sawah. Akibatnya air dari saluran melimpah ke sawah-sawah di bawahnya. Langkah pengendalian menghadapi banjir yang segera diperlukan diantaranya adalah (1) konservasi dan perbaikan DAS hulu hingga hilir secara intensif; (2) perbaikan infrastruktur saluran irigasi dan drainase dari hulu ke hilir oleh pemerintah pusat dan daerah, termasuk pengerukan endapan lumpur; (3) gerakan gotong royong pemeliharaan saluran berupa pembersihan tumbuhan air dalam saluran oleh kelompok-kelompok tani dan masyarakat; (4) mengevaluasi kembali pola rotasi tanaman dalam setahun termasuk awal musim tanam; dan (5) penyediaan pompa-pompa pembuang air banjir. Berdasarkan sudut pandang sosial ekonomi, Dewi (2007) menjelaskan bahwa perilaku masyarakat terhadap banjir dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti besaran dan kapasitas banjir (luas banjir, ketinggian banjir serta durasi banjir) serta informasi tentang kearifan lokal masyarakat sangat penting dan berguna bagi perencana dan pengambil kebijakan untuk merumuskan bentuk adaptasi yang tepat dan layak diterapkan.

## **4. PENUTUP**

### **4.1 Kesimpulan :**

1. Tingkat kerawanan bencana banjir di Sub DAS Bambang memiliki 3 (tiga) kelas kerawanan banjir yaitu tidak rawan, rawan dan sangat rawan. Kelas tidak rawan memiliki luas area 14,63 km<sup>2</sup> dengan presentase 11% meliputi sebagian Kecamatan Cepogo bagian atas dan Kecamatan Selo berada di bagian hulu Sub DAS Bambang yang merupakan daerah tangkapan air utama dan pengatur aliran. Kelas rawan memiliki luas area 83,68 km<sup>2</sup> dengan presentase 60% meliputi sebagian Kecamatan Cepogo bawah, Kecamatan Musuk, Kecamatan Boyolali, Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Tulung, dan sebagian Kecamatan Polokarto berada di bagian tengah Sub DAS Bambang sebagai daerah distributor dan pengatur air. Kelas sangat rawan memiliki luas area 41 km<sup>2</sup> dengan presentase 29% meliputi Kecamatan Sawit, sebagian Kecamatan Polokarto, Kecamatan Delanggu, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Gatak, Kecamatan Baki, dan Kecamatan Grogol berada di bagian hilir Sub DAS Bambang yang merupakan pemakai air dan sering terjadi sedimentasi yang menyebabkan pendangkalan sungai hingga banjir luapan sungai. Wilayah Sub DAS Bambang didominasi oleh kelas rawan yaitu dengan area terluas 83,68 km<sup>2</sup> dengan presentase 60% dari total luas seluruh wilayah DAS Bambang yaitu 139,322 km<sup>2</sup> yang berada di dataran landai dengan kemiringan lereng 8-15% seluas 5675,94 ha dengan presentase 40,73% dari total seluruh area Sub DAS Bambang yang tersebar di daerah hulu dan tengah sub daerah aliran sungai.
2. Bagian hilir sungai dengan tingkat kerawanan bencana banjir sangat rawan, menggunakan strategi adaptasi meninggikan tanggul sungai sebagai strategi yang tepat, karena lebih efektif dalam mencegah luapan air sungai maupun limpasan aliran air yang berlebihan yang masuk ke daerah lahan pertanian hingga kepermukiman warga. Strategi adaptasi meninggikan tanggul sungai meliputi Kecamatan Gatak, Kecamatan Baki, Kecamatan Grogol, Kecamatan Sawit, Kecamatan Wonosari, Kecamatan Delanggu, dan sebagian Kecamatan

Polanharjo. Bagian tengah sungai dengan tingkat kerawanan bencana banjir rawan, menggunakan strategi adaptasi pelebaran dan pengerukan sungai sebagai tindakan yang mampu menyurutkan air jika terjadi banjir. Strategi adaptasi pelebaran dan pengerukan sungai meliputi Kecamatan Mojosongo, Kecamatan Boyolali, Kecamatan Tulung, Kecamatan Teras, Kecamatan Musuk, sebagian Kecamatan Polanharjo, dan sebagian Kecamatan Cepogo. Adapun bagian hulu sungai dengan tingkat kerawanan bencana banjir tidak rawan, menggunakan strategi adaptasi mengadakan penghijauan dan rotasi tanaman sebagai tindakan preventif lingkungan. Strategi adaptasi mengadakan penghijauan dan rotasi tanaman meliputi Kecamatan Cepogo bagian atas dan Kecamatan Selo.

#### **4.2 Saran :**

1. Perlu adanya kerjasama antara pemerintah dan masyarakat untuk bisa melakukan tindakan strategi adaptasi dan mitigasi yang berkelanjutan baik pembangunan fisik maupun non fisik dan penyuluhan rutin dinas terkait. Pengawasan pengelolaan DAS, drainase dan pengairan perlu diadakan agar tidak terjadi kerusakan dan tindakan-tindakan yang merugikan antar petani serta pemberian saran atau inovasi-inovasi baru untuk menghindari dampak banjir pada lahan pertanian agar meningkatkan produktivitas petani.
2. Petani disarankan untuk ikut serta dalam asuransi pertanian. Karena kegiatan usaha di sektor pertanian akan selalu dihadapkan pada risiko ketidakpastian yang cukup tinggi. Risiko ketidakpastian tersebut meliputi tingkat kerusakan usahatani, tingkat kegagalan panen yang disebabkan berbagai bencana alam seperti kekeringan, banjir, serta serangan hama dan penyakit karena perubahan iklim global. Sistem asuransi pertanian berupa pendanaan yang berkaitan dengan pembagian risiko dalam usahatani. Asuransi pertanian dijadikan sebagai alat untuk meningkatkan produksi dan melindungi petani dari ketidakpastian usaha di sektor pertanian.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akhirudin, Nur H dan Suharjo. 2006. Identifikasi Perubahan Penggunaan Lahan Kota Surakarta Tahun 1993-2004 Dengan Aplikasi Sistem Informasi Geografis (SIG). *Jurnal Penelitian Sains Dan Teknologi*, Vol. 7, No. 2, 2006: 170-178. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Anna, Alif Noor., Dwi, Priyono Kuswaji., Suharjo., Priyana, Yuli. 2017. Analisis Potensi Dan Kerawanan Banjir Di Das Bengawan Solo Hulu Dan Tengah. *Forum Geografi*. Surakarta: Fakultas Geografi UMS.
- Asdak, C. 2010. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2018. *Data Kejadian Bencana Banjir 2019*.
- Ciro Apollonio, *et al.* 2016. Land Use Change Impact on Flooding Areas: The Case Study of Cervaro Basin (Italy). *Journal of climate change*. doi:10.1007/s10346-010-0238-4.
- Cardona OD, van Aalst MK, Birkmann J, Fordham M, McGregor G, Perez R, *et al.* 2012. *Determinants of risk: exposure and vulnerability coordinating and managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change*. Adaptation a special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change (IPCC), PP 65–108.
- Dedi Hermon. 2015. *Geografi Bencana Alam*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Dibyosaputro, Suprpto. *Flood Susceptibility And Hazard Survey Of The Kudus Pranata Welahan Area, Sentral Java*. Indonesia Tesis, ITC, Enschede, Nadherlands, 1984.
- Maryati, S. 2018. Identification of Flood Prone Areas for Natural Disaster Mitigation using Geospatial Approach (A Case Study in Bone Bolango Regency, Gorontalo Province). *Earth and Environmental Science*. Vol. 145 012080. DOI:10.1088/1755-1315/145/1/012080.

- Narmilan, Amarasingam. 2018. *Structural Measures for Flood Risk Mitigation in the Agricultural Field: A Review Conference: ACEPS 2018*. At Faculty of Engineering, University of Ruhuna, Sri Lanka.
- N. Santangelo. 2011. Flood susceptibility assessment in a highly urbanized alluvial fan: the case study of Sala Consilina (southern Italy). *Journal of Nat. Hazards Earth System Science*. Vol.11 hal:2765–2780. DOI:10.5194/nhess-11-2765-2011.
- Priyana, Yuli., Anna, Alif Noor., Rudiyanto. 2020. *Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Berbasis Kebencanaan Perspektif Geografi*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Vojtek, Matej and Vojtekova, Jana. 2019. Flood Susceptibility Mapping on a National Scale in Slovakia Using the Analytical Hierarchy Process. Department of Geography and Regional Development, Faculty of Natural Sciences, Constantine the Philosopher University in Nitra, 94901 Nitra, Slovakia. *Journal Of Flood Vulnerability*. DOI: 10.3390/w11020364.